Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 32, No. 3, Fall 2018, p. 269-285

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۲۸۵-۲۶۹

تعیین تاب‌آوری و پایداری واحدهای صنعتی گاوشیری شهرستان مشهد و حومه

لیلا حسنی[۱]- محمود دانشور کاخکی[۲*]- محمود صبوحی صابونی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷

چکیده

استفاده بیش از حد از منابع طبیعی، تأثیرات نامطلوب فرآیند تولید بر محیط‌زیست و افزایش نگرانی در این زمینه، دلیل اصلی توجه به پایداری است. بنابراین، اقدام به ایجاد پایداری در فرآیند تولید برای اطمینان از تاب‌آوری و پایداری، امری ضروری است. هدف از این مقاله، دستیابی به یک استراتژی مناسب برای تولید بهینه با حداکثر تاب‌آوری و پایداری در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری است. از این‌رو، در این پژوهش، شاخص تاب‌آوری و پایداری از طریق ادغام شاخص‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی و سیاستی، و با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی، طراحی و مدل‌سازی گردید. شاخص پیشنهادی در واحدهای صنعتی پرورش گاوشیری استان خراسان رضوی (شهرستان مشهد و حومه) در سال ۱۳۹۵ مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک هوشمند نشان داد که مدل پیشنهاد شده می‌تواند تاب‌آوری و پایداری تولید در واحدهای پرورش گاو شیری را بهبود و سبب کاهش روند تخریب محیط‌زیست ناشی از تولید گردد. هم‌چنین، شاخص تاب‌آوری و پایداری به میزان ۰/۵ درصد و شاخص سودآوری حدود ۰/۲۳ درصد، افزایش، و انتشار گازهای گلخانه‌ای و شدت انرژی به‌ترتیب ۰/۰۹ درصد و ۰/۰۲ درصد، کاهش یافتند. مدل ارائه شده می‌تواند در زمینه‌های مختلف به‌منظور بهبود قابلیت تاب‌آوری و پایداری واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری و سایر سیستم‌های تولید استفاده شود. هم‌چنین، پیشنهاد می‌شود فاکتورهایی چون میزان تولید شیر و هزینه تمام شده یک لیتر شیر، به مدل پیشنهادی اضافه، تا امکان مدیریت همزمان عوامل اثرگذار بر تاب‌آوری و پایداری واحد تولیدی برای مدیر واحد (دامدار) فراهم گردد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی، شاخص تاب‌آوری و پایداری، واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری

مقدمه

تولید یک ضرورت حیاتی برای توسعه اقتصادی کشور است. در فرآیند تولید، مجموعه‌ای از ورودی‌ها به خروجی تبدیل می‌شوند و روند این تحولات، باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای، استفاده ناکارآمد از منابع موجود و غیره می‌گردد. براین اساس، محققان و دانشمندان تلاش‌هایی را برای کاهش اثرات نامطلوب فرآیندهای تولید انجام داده‌اند (۱۴). طی دو دهه گذشته، آگاهی از تاب‌آوری و پایداری و هم‌چنین تلاش برای کاهش الگوهای نامناسب تولید، به‌طورقابل توجهی افزایش یافته است. ازاین‌رو در نظر گرفتن تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های تولید ضروری است (۱۲). تاب‌آوری بیان می‌کند که یک سیستم تولیدی چطور می‌تواند در برابر خطرات ایستادگی کند و دوباره به حالت اولیه بازگردد (۱۷) و مفهوم پایداری بر اساس کمیسیون جهانی یعنی، "توسعه دادن نیازهای فعلی بدون به‌خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود"، است (۸).

دامپروری یک نوع از سیستم تولید است که نقش بسزایی در جوامع بشری، بهبود منابع از قبیل پروتئین، کود، سوخت و غیره دارد. در ایران، صنعت دامپروری یکی از مهمترین زیر بخش‌های کشاورزی و تولید کننده اساسی‌ترین مواد غذایی پروتئینی یعنی شیر و گوشت می‌باشد که هر ساله با توجه به افزایش جمعیت و نیاز آن‌ها به محصولات پروتئینی و لبنی، سیاستگذاران این عرصه را برآن داشته تا برنامه‌هایی جهت افزایش تولید شیر و گوشت اتخاذ نمایند (۲۵). بر اساس آخرین سالنامه‌ی آماری وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۴)، وضعیت جمعیت دام کشور (گوسفند، بره، بز، بزغاله، گاو و گوساله (اصیل، دورگ، بومی)، گاومیش و شتر)، بیش از ۷۶ میلیون رأس برآورد گردید که سهم استان خراسان رضوی از این آمار، بیش از ۸ میلیون رأس بوده است. با توجه به پتانسیل‌ها و قابلیت‌های بخش کشاورزی در استان خراسان رضوی از قبیل؛ بالا بودن سطح تولیدات دامی در استان، حضور فعال بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری در طرح‌های دامپروری، امکان گسترش صنایع تبدیلی و بسته‌بندی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادان اقتصاد کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: daneshvar@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jead2.v32i3.73994

محصولات دامی با توجه به میزان بالای تولیدات و وجود برخی مشکلات و محدودیت‌هایی چون، شیوه‌های سنتی در تولید محصولات دامی، عدم تضمین خرید محصولات دامی، ناکافی بودن اجرای سیستم قرنطینه‌ای بهداشتی در امر کنترل تردد دام و فرآورده‌های دامی و هم‌چنین، چالش‌ها و تهدیدهایی چون؛ عدم توجه به کشاورز و مهاجرت به شهر، عدم توجه به کیفیت محصولات دامی و هم‌چنین، تنوع تولید با عملکرد و کیفیت بالا و هزینه تولید پایین، ایجاد فرصت شغلی و کاهش مهاجرت روستائیان، و مهم‌تر اینکه افزایش تولید به همراه حفظ محیط‌زیست، از جمله استراتژی‌هایی هستند که در نظام کشاورزی، سبب تقویت تاب‌آوری در تولید و توسعه کشاورزی و روستایی می‌گردند. تولیدات دامی و اثرات آن بر منابع طبیعی، یکی از ویژگی‌های غالب صنعت دامپروری در زمینه‌ی تاب‌آوری و پایداری است (۲۵)، اگرچه نقش دامپروری و پرورش گاوهای شیری در برنامه توسعه پایدار کشاورزی، به‌ویژه در تولید پایدار، در سراسر جهان کم اهمیت است (۳۸). با این حال، تقاضا برای محصولات دامی از یک‌سو، و تخریب محیط‌زیست به‌واسطه دام‌ها از قبیل انتشار گازهای گلخانه‌ای، فرسایش خاک و غیره از سویی دیگر، منجر به توسعه مطالعات در مورد پایداری و تاب‌آوری در واحدهای دامپروری شده است. دراین‌راستا، و با توجه به اهمیت و نقش تاب‌آوری در تحقق اهداف توسعه کشاورزی پایدار، در این پژوهش، شاخص‌های پایداری و تاب‌آوری و نقش آن‌ها در جهت دست‌یابی به نظام تولید پایدار در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری استان خراسان رضوی ، در نظر گرفته شد. در جدول ۱، به مقایسه و بررسی برخی مطالعات پیشین در این زمینه پرداخته شده است. نکته قابل تأمل این است که، در همه‌ی مطالعات، تاب‌آوری و پایداری به‌صورت مجزا بررسی و مطالعه شده است. درحالی‌که، تاب‌آوری به‌صورت مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست (۶) و تاکنون براساس حدس و گمان و تلفیق چند متغیر، ارائه شده است. مهم‌ترین مسأله در مورد قابلیت تاب‌آوری و پایداری و ارتباط آن با تاب‌آوری سیستم‌های کشاورزی، این است که آیا تاب‌آوری یا پایداری می‌توانند به‌عنوان یک ویژگی از یک سیستم در نظر گرفته شوند؟ و یا باید به‌عنوان یک فرآیند در نظر گرفته شوند. زیرا، اساسا" هر دو واژه مخالف هم نیستند اما پیامدهای متفاوتی به‌لحاظ نظری و متدولوژیکی دارند (۶). بنابراین، تلفیق شاخص تاب‌آوری با پایداری و ارائه‌ی شاخص تاب‌آوری و پایداری به‌صورت توأم، ضروری است. بدین‌منظور، یک تابع هدف هوشمند جهت ایجاد تعادل بین سیستم‌های تولیدی و ابعاد تولید پایدار به‌منظور تحقق بخشیدن به مزایای اقتصادی و منافع زیست‌محیطی و غیره، الزام‌آور است.

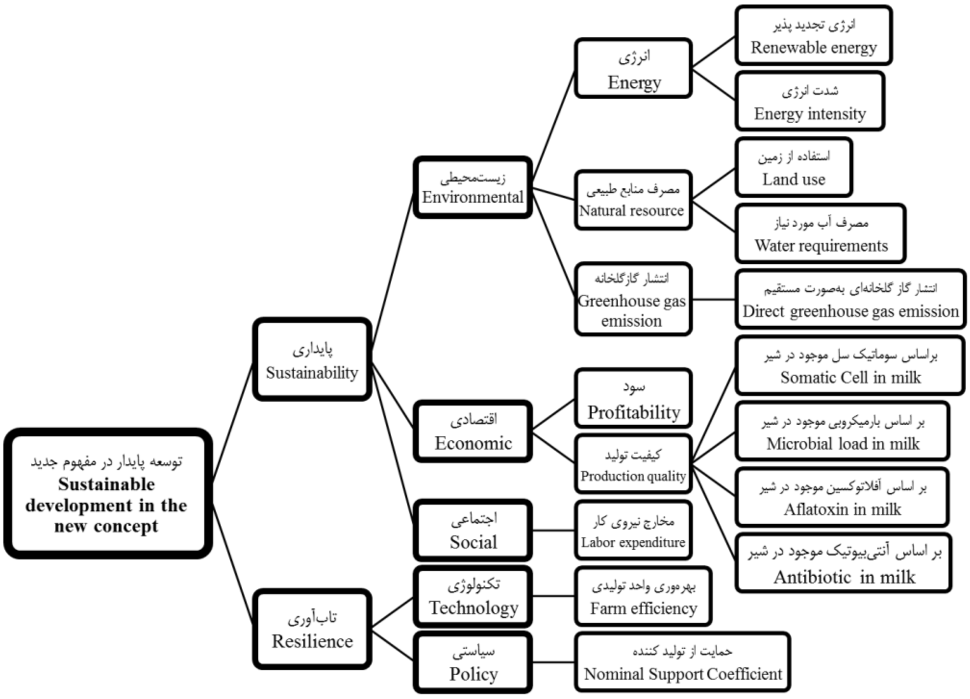
براساس مقالات منتشر شده‌ی موجود، هیچ مطالعه‌ای در راستای تلفیق شاخص تاب‌آوری و پایداری با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه غیرخطی و الگوریتم‌های هوشمند در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری استخراج نشده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، مدل‌سازی شاخص تاب‌آوری و پایداری اتوماتیک برای گاوداری‌های صنعتی شیری است. زیرا این واحد تولیدی همانند سایر نظام‌های تولید، یکسری نهاده‌ها را دریافت و به ستانده تبدیل می‌کند و طی فرایند تولید، اثرات اقتصادی، زیست‌محیطی و غیره بر محیط اطرافش دارد (۱ و ۱۴). بنابراین، برای اطمینان از تاب‌آوری و پایداری گاوداری‌های صنعتی شیری و کاهش هرگونه اثرات جانبی ناشی از آن‌ها، برنامه‌ریزی آگاهانه امری حیاتی است. هدف کلاسیک، تنها به حداکثر رساندن سود اقتصادی این سیستم تولیدی توجه دارد که متعاقب آن، واحد گاوداری جهت بهینه نمودن پایداریِ تولید، قطعا با مشکل برنامه‌ریزی مواجه می‌شود (۲۹). میزان مصرف منابع، و هم‌چنین میزان تولید، توسط برخی از برنامه‌ریزی‌ها، تعیین می‌شوند. علاوه‌بر سازماندهی تولید، اکثر تصمیمات عملیاتی به‌منظور افزایش کارایی و عملکرد گاوداری‌های صنعتی شیری باید اعمال گردد. از جمله این تصمیمات می‌توان به میزان مصرف آب و انرژی، نیازهای تغذیه‌ای دام، کمیت خوراک دام، بهداشت، سلامت و بهره‌وری حیوان اشاره نمود (۲۹). این تصمیمات، جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی، تکنولوژیکی و سیاستی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و بدین‌ترتیب، تاب‌آوری و پایداری واحد تولیدی را تعیین می‌نمایند. هدف از طراحی و مدل‌سازی شاخص تاب‌آوری و پایداری براساس الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی و الگوریتم‌های فراابتکاری در پژوهش حاضر این است که به مدیران واحدهای پرورش گاو شیری، کشاورزان و تصمیم‌گیران جهت تنظیم پارامترهای مناسب تولید و حداکثرسازی پایداری در تولید، کمک نماید. الگوی مفهومی مدل پیشنهادی در شکل ۱ آورده شده است.

به‌طورکلی هدف از این تحقیق، تعیین تاب‌آوری و پایداری گاوداری‌های صنعتی شیری، از طریق تلفیق جنبه‌های پایداری (اقتصادی، محیطی و اجتماعی) و تاب‌آوری (فن آوری و سیاست) است که به‌منظور برنامه‌ریزی در فرآیند تولید پایدار ارائه خواهد شد. تنظیم پارامترهای عمده تولید هم‌چون هزینه و میزان خوراک دام، مصرف انرژی و غیره، تعیین‌کننده اصلی تاب‌آوری و پایداری در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری هستند. این مطالعه به‌طور سیستماتیک می‌تواند به برنامه‌ریزی و بهبود فعالیت‌های تولید پایدار در گاوداری‌های صنعتی شیری کمک نماید.

جدول ۱- خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

Table 1- The summary of previous studies

عنوان مطالعه **Research title**	روش تحقیق **Methods**	نتایج بدست‌آمده **Results**	رفرنس **References**
تاب‌آوری واحدهای گاوشیری هلند The resilience of Dutch dairy farms.	مدل‌های سیستمی System models	این مدل‌ها نیروهای تثبیت کننده و بی‌ثبات کننده، متغیرهای در حال تغییر و آستانه‌ها را جهت ایجاد تاب‌آوری یک سیستم تولید را تعیین می کنند. و در نهایت، آن‌ها دریافتند که این مدل‌ها می‌توانند مفید باشند. These models identify stabilizing and destabilizing forces, the changing variables, and thresholds that determine the resilience of a system. So, they found these models are beneficial.	(۳۵)
طراحی ساختار کلی جهت درک تاب‌آوری Design the fundamental structure to understand a resilience	سیستم – تهدید+ راهبردهای سازگاری ≤ حد آستانه $System - Threat + Adaptive\ Strategy \geq Threshold.$	سیستم زیر حد آستانه نباید باشد. در اینجا، سیستم همان واحد تولیدی،تهدید به معنی نگرانی و آسیب‌پذیری؛ استراتژی انطباق منابع را در حفظ یا تغییر سیستم به حالت پایدار نشان می‌دهد که بر اساس مدیریت ریسک استفاده می‌شود و آستانه، نقطه تغییرات سیستم را به صورت کیفی نشان می‌دهد. The system should not be below the threshold. " Where System expressed the farm, etc.; Threat means the concerns and vulnerabilities; Adaptive Strategy shows resources at maintaining or shifting the system to a steady state that used based on risk management; and, Threshold illustrates the point of system changes qualitatively."	(۱۷)
ارزیابی مفهوم تاب‌آوری مدیریت مزرعه در مواجهه با عدم قطعیت اقتصادی و تغییرات آب و هوایی Examination the concept of farm management resilience in the face of economic uncertainty and climate change	شاخص‌های سیاستی Policy index	تاب‌آوری مزارع با اقدامات سیاسی می‌تواند تقویت و یا نابود شود. The farm resilience can be reinforced or destroyed by policy measures.	(۹)
ارزیابی پایداری در تولید شیر پاستوریزه Evaluation of the sustainability of pasteurized milk production	ارزیابی چرخه زندگی LCA	نتایج حاکی از این است که، خوراک دام از لحاظ مصرف انرژی، اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی نقطه‌ی داغ در فرایند تولید شیر پاستوریزه است. The results clearly demonstrate that the feed production stage was the hot spot in pasteurized milk production in terms of energy consumption, environmental burdens, and economic costs.	(۳۰)
توسعه‌ی اندازه‌گیری پایداری برای شرکت‌های کوچک و متوسط Development a sustainability measure for small and medium-sized enterprises (SMEs)	براساس ابزار پایداری تعریف شده برای این شرکت‌ها Based on a holistic sustainability assessment tool for manufacturing SMEs	این ابزار در سطح کارخانه قابل اجرا است، پشتیبانی تصمیم برای بهبود را فراهم می‌کند و مقایسه در بین صنعت را ایجاد می‌نماید. The tool is applicable on a factory level with reasonable effort, provides decision support for improvements and enables a cross-industry comparison.	(۳۴)
ارزیابی پایداری صنعت پتروشیمی در مالزی Assessment the sustainability of petrochemical industry in Malaysia	چهارچوب LCSP و راهنمای GRI LCSP framework and GRI guidelines	نتایج نشان داد که اکثر شاخص‌های نظارت شده مربوط به هماهنگی، عملکرد و اثرات زیست‌محیطی هستند و شاخص‌های محصولات و خدمات ضعیف در نظر گرفته شده بودند. Results indicate that the majority of the indicators monitored are related to compliance, performance and environmental impacts. The products and services indicator was weakly.	(۳۲)
تعیین پایداری صنعت پتروشیمی و تولید پایدار مخلوط Determination of sustainability of petrochemical industry and optimal products mix.	توسعه برنامه‌ریزی ریاضی خطی چندهدفه با عدد صحیح By developing a multi-objective mixed integer linear programming.	نتایج نشان از پایداری عملکرد واحد تولیدی براساس الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی است. The results showed the performance of a manufacturing unit can be sustainable using the mathematical programming.	(۱،۱۴)
ارزیابی تاب‌آوری مدیران واحدهای گاوشیری در انگلستان برای مقابله با بیماری‌های دهان و دندان. Evaluation the resilience of dairy farmers in the UK coping with foot-and-mouth disease.		نحوه رویارویی با شوک را آزمون نمودند. It has been resilience studies of how farms cope with the shock	(۱۶)
بررسی حفظ مقاومت مدیران پرورش گاو گوشتی در فرانسه در برابر تغییرات بازار و نوسانات آب و هوایی Examination how French beef farmers maintain their resilience in the face of market variations and climatic fluctuations		نحوه رویارویی با شوک را آزمون نمودند. It has been resilience studies of how farms cope with the shock	(۳)



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی شاخص تاب‌آوری و پایداری در مدل پیشنهادی

Figure 1- Hierarchical structure of resilience and sustainability indicator in proposed model

مواد و روش‌ها

تعدادی از ابزارهای ارزیابی تاب‌آوری و پایداری به‌منظور اجرای برنامه‌های کاربردی در سطح مزرعه وجود دارند. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) و موسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) مجموعه ابزارهای پایدار و تاب‌آور را توسعه داده‌اند. این ابزار، شاخص‌های طبقه‌بندی شده بر اساس ورودی، عملیات و خروجی یک فرآیند تولید را ارائه می‌دهد. مجموعه‌ای از شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و آسان برای دسترسی به داده‌ها، یکی از مزایای استفاده از این ابزار است (۳۷). مدل پیشنهادی مطالعه حاضر، بر اساس این مجموعه ابزار، ایجاد شده است. مطابق شکل ۱، تابع هدف، متشکل از ابعاد پایداری و تاب‌آوری است و حداکثرسازی آن مدنظر می‌باشد. ابعاد تابع هدف، از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند زیرا دارای ساختار سلسله مراتبی با ارزشی بین صفر و یک می‌باشند، لذا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، به هر زیرشاخص، وزنی تخصیص داده شد که در ادامه به جزئیات آن پرداخته شده است. ارزش یک به معنای پایداری کامل در فرآیند تولید است.

معادلات (۱) تا (۵) به ابعاد زیست‌محیطی اشاره دارند که از سه جنبه‌ی انرژی، مصرف منابع‌طبیعی و انتشارگازهای گلخانه‌ای بحث شده است. انرژی از طریق دو زیرشاخص، انرژی تجدیدپذیر (معادله ۱) و شدت انرژی (معادله ۲) ارائه شده است. یک واحد گاوداری صنعتی شیری، هم "مصرف کننده انرژی" است و هم "تولیدکننده انرژی" (۳۷). نهاده‌های ورودی جهت "مصرف" انرژی در گاوداری‌های شیری شامل سوخت، ماشین‌آلات، الکتریسیته، خوراک دام و نیروی انسانی و نهاده‌های خروجی یا به‌عبارتی دیگر انرژی "تولیدشده" از مصرف نهاده‌های ورودی، شامل شیر وکود تولید شده، گوساله متولد شده وگوشت گاوهایی که به کشتارگاه هدایت می‌شوند، است (۲۹) و بدان معنی است که؛ انرژی معادل آن‌ها در نظر گرفته شده است. مقدار انرژی هر نهاده و ستانده و فرمول نحوه‌ی محاسبه‌ی انرژی معادل آن‌ها، به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

از منابع تجدیدپذیر انرژی در گاوداری‌های صنعتی شیری می‌توان به انرژی معادل خوراک دام و نیروی انسانی اشاره نمود (۲۹). بنابراین بر اساس معادله (۱) انرژی‌تجدیدپذیر توسط نسبت انرژی تجدیدپذیر به کل انرژی مصرف شده در تولید ارزیابی می‌شود. انرژی یک عامل حیاتی در فرآیند تولید است. مقدار انرژی لازم برای تولید کالای معین در کشورهای مختلف را، شدت انرژی گویند. بنابراین، معادله (۲) براساس نسبت ارزش حامل‌های انرژی به ارزش کل نهاده‌های ورودی در فرآیند تولید، طراحی گردید. هر چه انرژی بیشتر مصرف گردد، عملیات تولید از تاب‌آوری و در نهایت از پایداری کمتر برخوردار خواهد بود. بنابراین، این نسبت از یک کسر گردید تا این اطمینان حاصل شود که یک واحد افزایش از ارزش شاخص به سمت پایداری خواهد بود.

جدول ۲- محتوی انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در گاوداری‌های شیری
Table 2- Energy content of inputs and outputs in dairy farms

نهاده‌های انرژی **Energy input and output**	واحد **Unit**	محتوای انرژی **(MJ/unit)** **Energy content**	منبع **References**
نهاده‌های ورودی **Input**			
نیروی انسانی Labor	ساعت H	1.96	(19)
ماشین‌آلات Machinery			
وزن تراکتور Weight of tractor	کیلوگرم kg	9-10	(15)
تجهیزات ثابت Fix equipment	کیلوگرم kg	8-10	(15)
موتور الکتریکی Electronic motor	کیلوگرم Kg	64.8	(15)
سوخت Fuel			
گازوئیل Diesel	لیتر L	47.8	(15)
گاز Gas	متر مکعب m^3	49.5	(15)
بنزین Gasoline	لیتر L	46.3	(15)
الکتریسیته Electricity	کیلووات‌ساعت kWh	11.93	(18)
خوراک دام Feed			
کنسانتره Concentrate	کیلوگرم kg	6.3	(20)
سیلاژ ذرت Silage	کیلوگرم kg	2.2	(26)
یونجه Alfalfa	کیلوگرم kg	1.5	(21)
کاه Straw	کیلوگرم Kg	12.5	(29)
نهاده‌های خروجی **Output**			
شیر Milk	کیلوگرم kg	3.5	(29)
گوساله Calf	کیلوگرم kg	6.5	(13)
گوشت Meat	کیلوگرم kg	9.22	(13)
کود Cow manure	متر مکعب m^3	303.1	(22)

جدول ۳- نحوه محاسبه انرژی معادل نهاده‌های ورودی و خروجی در گاوداری‌های شیری

Table 3- Formulas for calculating equivalent energy inputs and outputs of dairy farms

انرژی معادل Equivalent energy	روابط محاسبه انرژی Formulas	توضیحات Discussions
انرژی معادل سوخت Equivalent Energy of fuel consumption	$E_f = F_c \times E_{c,f}$	E_f : انرژی معادل مصرف سوخت (مگاژول). F_c : میزان سوخت مصرفی(لیتریا مترمکعب). $E_{c,f}$: محتوای انرژی یک واحد سوخت (مگاژول بر لیتر). E_f: Equivalent energy of fuel consumption (MJ). F_c: Amount of fuel consumed (L). $E_{c,f}$: Unit fuel energy content (MJ/L)
انرژی معادل الکتریسیته Equivalent Energy of electricity consumption	$E_{elec} = E_{el} \times E_{c,el}$	E_{elec} : انرژی معادل مصرف الکتریسیته (مگاژول). E_{el} : میزان برق مصرفی (کیلووات ساعت). $E_{c,el}$:محتوای‌انرژی‌یک‌واحدالکتریسیته(مگاژول‌برکیلووات‌ساعت). E_{elec}: Equivalent energy of electricity consumption (MJ). E_{el}: Amount of electricity consumed (kWh). $E_{c,el}$: Unit electricity energy content (MJ/kWh)
انرژی معادل نیروی انسانی Equivalent Energy of labor consumption	$E_{la} = N_{la} \times h \times E_{c,la}$	E_{la} : انرژی معادل نیروی انسانی(مگاژول). N_{la} : تعداد نیروی کار (نفر). h : ساعت کار(ساعت). $E_{c,la}$: محتوای انرژی به‌ازای هرفرد(مگاژول به نفر). E_{la}: Equivalent energy of labor work (MJ). N_{la}: Number of labor workers. h: Hours work (h). $E_{c,la}$: Unit labor energy content (MJ/per person)
انرژی معادل ماشین‌آلات Equivalent Energy of machinery consumption	$E_m = W_m \times E_{c,m}$	E_m : انرژی معادل ماشین‌آلات(مگاژول). W_m : وزن ماشین‌آلات (کیلوگرم). $E_{c,m}$: محتوای‌انرژی یک کیلوگرم ماشین (مگاژول برکیلوگرم). E_m: Equivalent energy of machine (MJ). W_m: Mass of machine (kg). $E_{c,m}$: Unit machine energy content (MJ/kg)
انرژی معادل خوراک دام Equivalent Energy of feed consumption	$E_N = W_N \times E_{c,N}$	E_N : انرژی معادل مصرف خوراک دام(مگاژول). W_N : میزان خوراک مصرفی (کیلوگرم). $E_{c,N}$: محتوای‌انرژی یک کیلوگرم خوراک(مگاژول بر کیلوگرم). E_N: Equivalent energy of feed consumption (MJ). W_N: Feed consumed (kg). $E_{c,N}$: Unit feed energy content (MJ/kg)
انرژی معادل تولیدات در گاوداری Equivalent Energy of farm outputs	$E_{ou} = W_{ou} \times E_{c,out}$	E_{ou} : انرژی معادل نهاده‌های تولید شده در گاوداری شیری عبارتند از: شیر، گوساله، کود و گوشت(مگاژول). W_{ou} : میزان تولید هر نهاده (کیلوگرم با مترمکعب). $E_{c,out}$: محتوای انرژی یک واحد از هر نهاده تولیدی (مگاژول بر کیلوگرم یا مترمکعب). E_{ou}: Equivalent energy of output production including: Milk, Calf, Meat & Cow manure (MJ). W_{ou}: Output production (kg). $E_{c,kg}$: Unit output energy content
نسبت انرژی Energy ratio	$ER = {E_{out}}/{E_{in}}$	ER : نسبت انرژی (درصد). ER: energy ratio (%) E_{out} : انرژی "تولید شده" (مگاژول). E_{out}: energy equivalent output (MJ)
بهره‌وری انرژی Energy productivity	$EP = {Y}/{E_{in}}$	E_{in} : انرژی "مصرف شده" (مگاژول). E_{in}: energy equivalent input (MJ) Y : عملکرد شیر تولید شده (لیتر). Y: Yield of milk production (L).
بازده خالص انرژی Net energy gain	$NEG = E_{out} - E_{in}$	EP : بهره‌وری انرژی (مگاژول). EP: energy productivity (MJ) NEG : بازده خالص انرژی (مگاژول). NEG: net energy gain (MJ)

طی دهه‌های اخیر گسترش روز افزون تقاضای محصولات دامی، ضرورت استفاده از زمین را تشدید نموده است، از طرفی هر گونه نصب و راه‌اندازی تسهیلات، بر طبیعت و تنوع زیستی اثر می‌گذارد. بنابراین جهت حفظ طبیعت، بهره‌وری استفاده از زمین در تولید دام‌ها بسیار مهم است (۲۳). معادله (۳) با به حداقل رساندن نسبت زمین مورد نیاز برای ایجاد یک واحد پرورش گاو شیری به زمین مورد استفاده بدست می‌آید. آب برای پرورش دام و تولیدات دامی، حیاتی است و باید به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از مدیریت منابع آب کشاورزی مورد توجه قرار گیرد (۳۳). نسبت آب آشامیدنی مورد نیاز برای گاوداری‌های شیری و گاو شیرده، مطابق با استانداردهای شورای تحقیقات ملی کشاورزی و منابع طبیعی آمریکا (NRC)، نسبت به کل مصرف آب، در معادله (۴) نشان داده شده است. انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2)، متان (CH_4) و اکسید نیتروس (N_2O) طی فرآیند تولید، به‌عنوان یک عنصر از شاخص تاب‌آوری و پایداری در مطالعه حاضر، در نظر گرفته شد که مطابق معادله (۵) محاسبه خواهد شد. CO_2 منتشر شده از طریق مصرف سوخت و برق در واحدهای پرورش گاو شیری و براساس معادلِ دی‌اکسیدکربن (Kg CO_2.eq) محاسبه می‌شود. انتشار گاز متان، حاصل فعالیت‌های زیستی دام است که از تخمیر میکروبی مواد خوراکی در شکمبه وکود تولیدی می‌باشد و اکسید نیتروس هم از انباشت کود تولیدی دام منتشر می‌شود. اثر انتشار گاز متان، ۲۵ برابر و اکسید نیتروس ۳۰۰ برابر دی‌اکسیدکربن است (۲۸). به‌منظور سهولت در محاسبه، میزان انتشار گاز متان و اکسید نیتروس به معادل CO_2 تبدیل شدند. شاخص اقتصادی برای واحدهای پرورش گاو شیری با توجه به داده‌های مربوط به سودآوری و فاکتورهای کیفیت در تولید شیر، ارزیابی می‌شود. تفاوت بین درآمد حاصل از فروش تولیدات و هزینه‌ی فرصت نهاده‌های مصرفی را سود اقتصادی گویند (۳۶)، بنابراین سودآوری، توانایی یک واحد تولیدی در دست‌یابی به سود است (۲۷). روش‌های مختلفی جهت محاسبه و ارزیابی شاخص سودآوری تعریف و ارائه گردیده است. در این مطالعه، نسبت سودآوری واحدهای گاوشیری از طریق نسبت هزینه‌های کل به درآمد کل مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت که در معادله (۶) به آن اشاره شده است. مدیریت کیفیت محصول، اهمیت استراتژیک جدیدی را طی دهه گذشته به ارمغان آورده است که موجب شده است مصرف‌کنندگان با انتخاب قیمت مشابه و محصولات با کیفیت مواجه شوند (۲۴). بنابراین، در نظر گرفتن فاکتورهای کیفیت تولید شیر در واحدهای پرورش گاو شیری، به‌عنوان ابعاد شاخص اقتصادی، امری ضروری است. به‌منظور محاسبه بارمیکروبی، آفلاتوکسین، آنتی‌بیوتیک و سلول‌های سوماتیک سل موجود در شیر، مقدار هر عامل براساس آزمایش شیر و کنترل کیفیت، از طریق معادله (۷) تا معادله (۱۰) ارزیابی خواهند شد.

شاخص اجتماعی با درنظر گرفتن مخارج نیروی کار به کل هزینه‌های تولید در واحدهای گاوداری شیری (معادله ۱۱) بدست می‌آید. تعیین مقیاس کارایی اقتصادی واحد گاوداری به‌عنوان زیرشاخص تکنولوژی در نظر گرفته شد که از تفاضل میزان کارایی هر واحد با حداقل‌ترین کارایی بر حداکثرترین واحد (معادله ۱۲) بدست می‌آید. شاخص سیاستی، آخرین بُعد از ابعاد شاخص تاب‌آوری و پایداری است. حمایت از تولیدکننده یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای نشان دادن ارزش ناخالص سالانه‌ی یارانه‌ها است که توسط مصرف‌کنندگان و مالیات‌دهندگان به تولیدکنندگان پرداخت می‌شود (۱۱). شاخص برآورد حمایت از تولید کننده[1]، ضریب کمک اسمی[2] و ضریب حمایت اسمی[3] انواع شاخص‌های ارزیابی حمایت از تولیدکننده هستند که در این مطالعه ضریب حمایت اسمی (معادله ۱۳) در نظر گرفته شد. ضریب حمایت اسمی تولیدکننده براساس نسبت متوسط قیمت دریافتی تولیدکنندگان (برحسب قیمت‌های داخلی) به قیمت دریافتی بر حسب قیمت مرزی محاسبه می‌شود. بنابراین اگر ضریب حمایت اسمی تولیدکننده "یک" باشد، نشان می‌دهد که حمایت دولت از تولیدکننده مناسب است.

هر کدام از ابعاد اشاره شده، اهمیت و اولویت متفاوتی در فرآیند تولید پایدار دارند. براین اساس، طبق نظر خبرگان امر و تکمیل پرسشنامه، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و نرم‌افزار Expert choice11، وزنی به هر کدام از اهداف تخصیص داده شد. صحت روش مذکور از طریق نسبت ناسازگاری ($\frac{CI}{RI}$) محاسبه می‌گردد. که CI شاخص ثابت و RI شاخص تصادفی است و ارزش آن بسته به تعداد معیارهایی دارد که مورد قیاس قرار گرفته است. RI شاخص پایداری را وقتی ورودی‌های ماتریس مقایسه به‌طور کاملا" تصادفی هستند، معنی‌دار می‌نماید. مقایسه دودویی پایدار با فرض اینکه $\frac{CI}{RI}$ کمتر از یک دهم (۰/۱) باشد، پذیرفته می‌شود و در غیر این‌صورت، فرآیند تکمیل پرسشنامه باید تجدید گردد (۳۱). ساختار ۵ رکن اصلی شاخص تاب‌آوری و پایداری، بعد از تعیین وزن، مطابق معادلات (۱۴) تا (۱۸) می‌باشد. این معادلات به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که مجموعه‌ای از متغیرهای تصمیم و وزن مربوط به هر مجموعه را شامل می‌شود. و بدان معنا است که به‌طور همزمان، علاوه بردستیابی به یک مجموعه کارآمد از متغیرهای تصمیم، امکان بهبود وزن‌های تخصیص داده شده هم، وجود دارد. بر این اساس از مفهوم میانگین هندسی وزنی و معیار درجه دوم، جهت تشکیل تابع هدف، استفاده

1- PSE (Producer Support Estimate)
2- NAC (Nominal Assistance Coefficient)
3- NPC (Nominal Protection Coefficient)

گردید. زیرا هر مجموعه دارای ویژگی چندگانه بوده و طیف‌های گوناگونِ عددی را دارا می‌باشند. هم‌چنین، جهت اندازه‌گیری تغییرات تفاوت‌های زوجی در نقاط داده برای مجموعه دودویی، از معیار درجه دوم استفاده می‌شود (۵). بنابراین، برای رسیدن به نتیجه‌ای که نشان‌دهنده اندازه‌گیری تاب‌آوری و پایداری است، تابع هدف مطابق معادله (۱۹) توسعه داده شد. وزن‌های تخصیص داده شده در مدل پیشنهادی از اهمیت بالایی برخوردار هستند، لذا، محدودیت وزن‌ها به‌صورت جریمه به تابع هدف اضافه گردید. زیرا، نقطه‌ای که شرط را رعایت نکند اما نزدیک نقطه بهینه باشد اطلاعات بسیار مفیدتری از نقطه‌ای که از بهینگی دور باشد اما شرط را رعایت کند ارائه خواهد داد (۱۰). هم‌چنین، حداکثرسازی تابع هدف مورد انتظار است که مطابق جدول ۴، حداکثر مقدار ممکن برای آن،"یک" است، که تاب‌آوری و پایداری کامل را نشان می‌دهد. علائم اختصاری مدل پیشنهادی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ٤- تعیین سطح شاخص تاب‌آوری و پایداری

Table 4- Determination resilience and sustainability indicator levels

ارزش شاخص تاب‌آوری و پایداری Value of resilience and sustainability	سطح شاخص تاب‌آوری و پایداری Level of resilience and sustainability
کمتر از ۰/۶ $I_{Re\&S} < 0.6$	کم Low
بین ۰/۶ و ۰/۸ $0.6 \le I_{Re\&S} \le 0.8$	متوسط Middle
بالای ۰/۸ $I_{Re\&S} > 0.8$	بالا High

هشت نوع مجموعه محدودیت در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شد، عبارتند از:

محدودیت اقلام غذایی: به‌منظور دست‌یابی به تاب‌آوری در واحدهای صنعتی گاو شیری، توجه به تغذیه‌ی دام‌ها ضروری است. واحدی سودآور خواهد بود که جیره غذایی متناسب با نیازهای یک گاو شیری را با حداقل هزینه تأمین نماید. این محدودیت در معادله (۲۰) بیان شده است، برای هر ماده غذایی، بازه‌ای لحاظ گردید تا این اطمینان حاصل شود که؛ حداقل نیازهای یک گاو شیرده اعم از انرژی، پروتئین، کلسیم، فسفر و ماده خشک به تفکیک هر گروه گاو نماینده در مدل، مطابق نظر متخصصین علوم دام و انجمن تحقیقات ملی آمریکا، برآورده می‌گردد.

محدودیت مصرف حامل‌های انرژی و ساعت نیروی کار: این محدودیت (معادله ۲۱) بیان‌کننده مصرف حامل‌های انرژی و ساعت نیرویِ کار به‌ازای هر راس گاو شیری در مدل پیشنهادی است.

محدودیت کران متغیرها: معادله (۲۲) این اطمینان را می‌دهد که مقدار هر زیرشاخص نمی‌تواند از حداکثر میزان مجاز خود، "یک"، بیشتر باشد.

محدودیت تعداد دام: معادله (۲۳) بیان می‌دارد، مجموع هر گروه از دام‌های حاصل از فرآیند بهینه‌سازی، حداقل به تعداد دام‌های موجود در نمونه‌های مورد مطالعه و حداکثر تا ۱۵ درصد بیش از تعداد موجود در نمونه باشند. هم‌چنین نسبت تولد گوساله و گاوهای حذفی در گله، مطابق استاندارد گاوداری، در نظر گرفته شده است.

محدودیت کود تولیدی: بر اساس نظر کارشناسان تغذیه نشخوارکنندگان، ۰٫۳ از جیره غذایی خورانده شده به دام، تبدیل به کود می‌گردد، لذا این محدودیت طبق معادله (۲۴) اطمینان می‌دهد که میزان کود تولیدی برابر با ۰٫۳ مجموع اقلام غذایی بدست آمده در مدل خواهد بود. معادله (۲۵) بیان می‌کند که مجموع وزن‌های تخصیص داده شده به هر هدف برابر با یک خواهد بود. معادله (۲۶) عدد صحیح بودن تعداد دام‌ها و معادله (۲۷) به غیرمنفی بودن تمام متغیرهای تصمیم اشاره دارد.

جدول ۵- علائم اختصاری در مدل پیشنهادی

Table 5- Nomenclature of model

شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها

Indicator and sub-indicator

I_{EN} :	شاخص زیست محیطی Environmental indicator	$I_{EN_e_re}$:	انرژی تجدیدپذیر Renewable energy	$I_{EC_Q_SCC}$:	سلول‌های سوماتیک Somatic cell count
I_{EC} :	شاخص اقتصادی Economic indicator	$I_{EN_e_int}$:	شدت انرژی Intensity Energy	$I_{EC_Q_MC}$:	بار میکروبی Microbial load
I_{SC} :	شاخص اجتماعی Social indicator	$I_{EN_resurc_Land}$:	استفاده از زمین Land use	$I_{EC_Q_AF}$:	آفلاتوکسین Aflatoxin
I_{Tech} :	شاخص تکنولوژی Technology indicator	$I_{EN_resurc_WU}$:	مصرف آب Water use	$I_{EC_Q_AN}$:	آنتی‌بیوتیک Antibiotic
I_{Policy} :	شاخص سیاستی Policy indicator	$I_{EN_GHG_D}$:	انتشار مستقیم گازگلخانه Direct GHG	I_{SC_exp}:	مخارج نیروی کار Labor expenditure
$I_{Re\&S}$:	شاخص تاب‌آوری و پایداری Resilience and sustainability indicator	I_{EC_Profit}:	سودآوری Profitability	I_{Tech_effi}:	کارایی واحد تولیدی Farm efficiency
		RaI :	شاخص تصادفی Random indicator	$I_{Policy_{NPC}}$:	ضریب حمایت اسمی NPC

متغیرهای تصمیم

Decision variables

a:	یونجه Alfalfa	la:	نیروی‌کار Labor	$elec$:	برق Electricity	$calf$:	گوساله Calf
cs:	سیلاژ ذرت Corn Silage	D:	گازوئیل Diesel	hmc:	گاوپرشیر High milk cow	dc:	گاوخشک Dry cow
ws:	کاه Wheat strew	gas:	گاز Gas	mmc:	گاومتوسط‌شیر Middle milk cow	$manure$:	کود Cow manure
co:	کنسانتره Concentrate	G:	بنزین Gasoline	lmc:	گاوکم‌شیر Low milk cow	$w\quad 1,\ldots,13$:	وزن برای هر شاخص Weighted per indicator

پارامترها

Parameters

C_a : (MJ/kg)	محتوی انرژی یونجه Energy content of Alfalfa	p_a:	قیمت یونجه Price of Alfalfa (IRR)
C_{cs} : (MJ/kg)	محتوی انرژی سیلاژذرت Energy content of Corn Silage	p_{cs}:	قیمت سیلاژ ذرت Price of Corn Silage (IRR)
C_{ws} : (MJ/kg)	محتوی انرژی کاه Energy content of Wheat strew	p_{ws}:	قیمت کاه Price of Wheat strew (IRR)
C_{co} : (MJ/kg)	محتوی انرژی کنسانتره Energy content of Concentrate	p_{co}:	قیمت کنسانتره Price of Concentrate (IRR)
C_{la} : (MJ/hours)	محتوی انرژی نیروی انسانی Energy content of labor	p_{la}:	دستمزد نیروی کار Salary of Labor (IRR)
C_D : (MJ/liter)	محتوی انرژی گازوئیل Energy content of diesel	p_D:	قیمت گازوئیل Price of Diesel (IRR)
C_{gas} : (MJ/m^3)	محتوی انرژی گاز Energy content of gas	p_{gas}:	قیمت گاز Price of gas (IRR)
C_G : (MJ/liter)	محتوی انرژی بنزین Energy content of gasoline	p_G:	قیمت گازوئیل Price of Gasoline (IRR)
C_{elec}: (MJ/kWh)	محتوی انرژی برق Energy content of electricity	p_{elec}:	قیمت برق Price of electricity (IRR)
$Total\ land$:	کل زمین استفاده شده در مطالعه (مترمربع) Total land usage across study (m^2)	$Land$:	زمین مورد نیاز برای هر دام Land needed per dairy cow (m^2)
$Total\ Water$:	کل آب مورد استفاده در مطالعه Total water usage across study (liter)	WU:	آب مورد نیاز برای هر دام Water needed per dairy cow (liter)
SCC:	سلول‌های سوماتیک Somatic cell count in milk	GHG_D:	انتشار گاز گلخانه از طریق گازوئیل GHG Emission by Diesel (kg CO_2)
MC:	بارمیکروبی Microbial load in milk	GHG_{gas}:	انتشار گاز گلخانه از طریق گاز GHG Emission by gas (kg CO_2)
AN:	آنتی‌بیوتیک	GHG_G:	انتشار گاز گلخانه از طریق بنزین

	Antibiotic in milk		GHG Emission by Gasoline (kg CO_2)
AF:	آفلاتوکسین درشیر Aflatoxin in milk	GHG_{elec}:	انتشار گاز گلخانه از طریق برق GHG Emission by electricity (kg CO_2)
$effi_{farm}$:	کارایی واحد دامی Farm efficiency	GHG_{hmc}:	انتشار گاز گلخانه از طریق گاوپرشیر GHG Emission by High milk cow (kg eq. CO_2)
min_{effi}:	حداقل کارایی از دامداری Minimum efficiency of farm	GHG_{mmc}:	انتشار گاز گلخانه از طریق گاومتوسط شیر GHG Emission by middle milk cow (kg eq. CO_2)
max_{effi}:	حداکثر کارایی از دامداری Maximum efficiency of farm	GHG_{lmc}:	انتشار گاز گلخانه از طریق گاو کم شیر GHG Emission by Low milk cow (kg eq. CO_2)
$Total\ cost$:	کل هزینه های دامداری Total cost across farm (IRR)	Q_p:	کیفیت شیر تولیدی Quantity of milk production (liter)
Rev_{milk}:	درآمد حاصل از شیر Revenue of milk (IRR)	p_d:	قیمت داخلی شیر Domestic price of milk (IRR)
Rev_{calf}:	درآمد حاصل از گوساله Revenue of calf (IRR)	p_{ab}:	قیمت خارجی شیر Abroad price of milk (IRR)
Rev_{dc}:	درآمد حاصل ازگاوخشک Revenue of dry cow (IRR)	We_I:	وزن تخصیصی برای هر شاخص Weight per indicator
Rev_{manure}:	درآمد حاصل از کود Revenue of manure (IRR)	ω& λ:	پارامترهای تصادفی Random parameter
lb:	حد پایین در محدودیت‌ها Lower bound in constraint	ub:	حد بالا در محدودیت‌ها Upper bound in constraint

$$I_{EN_e_re} = \frac{hmc\,(c_a\, a_{hmc} + c_{cs} cs_{hmc} + c_{ws}\, ws_{hmc} + c_{co}\, co_{hmc}) + mmc\,(c_a\, a_{mmc} + c_{cs}\, cs_{mmc} + c_{ws}\, ws_{mmc} + c_{co}\, co_{mmc}) + lmc\,(c_a\, a_{Lmc} + c_{cs}\, cs_{Lmc} + c_{ws}\, ws_{Lmc} + c_{co}\, co_{Lmc})}{hmc\,(c_a\, a_{hmc} + c_{cs} cs_{hmc} + c_{ws}\, ws_{hmc} + c_{co}\, co_{hmc}) + mmc\,(c_a\, a_{mmc} + c_{cs}\, cs_{mmc} + c_{ws}\, ws_{mmc} + c_{co}\, co_{mmc}) + lmc\,(c_a\, a_{Lmc} + c_{cs}\, cs_{Lmc} + c_{ws}\, ws_{Lmc} + c_{co}\, co_{Lmc}) + c_{la}\, la + c_D\, D + c_{gas}\, gas + c_G\, G + c_{elec}\, elec} \quad \left(\frac{MJ}{MJ}\right) \qquad (۱)$$

$$I_{EN_e_int} = 1 - \frac{P_D\, D + P_{gas}\, gas + P_G\, G + P_{elec}\, elec}{hmc(P_a\, a_{hmc} + P_{cs}\, cs_{hmc} + P_{ws}\, ws_{hmc} + P_{co}\, co_{hmc}) + mmc(P_a\, a_{mmc} + P_{cs}\, cs_{mmc} + P_{ws}\, ws_{mmc} + P_{co}\, co_{mmc}) + lmc(P_a\, a_{lmc} + P_{cs}\, cs_{lmc} + P_{ws}\, ws_{lmc} + P_{co}\, co_{lmc}) + P_{la}\, la + P_D\, D + P_{gas}\, gas + P_G\, G + P_{elec}\, elec} \quad \left(\frac{IRR^{1}}{IRR}\right) \qquad (۲)$$

$$I_{EN_resourc_Land} = 1 - \frac{Land_{hmc} * hmc + Land_{mmc} * mmc + Land_{lmc} * lmc + other}{Total\ land\ under\ study} \quad \left(\frac{m^2}{m^2}\right) \qquad (۳)$$

$$I_{EN_resourc_WU} = 1 - \frac{WU_{hmc} * hmc + WU_{mmc} * mmc + WU_{lmc} * lmc + WU_{calf} * calf + WU_{dc} * dc + other}{Total\ water\ usage\ under\ study} \quad \left(\frac{liter}{liter}\right) \qquad (۴)$$

$$I_{EN_GHG_D} = 1 - \frac{GHG_D D + GHG_{gas}\, gas + GHG_G\, G + GHG_{elec}\, elec + GHG_{hmc}\, hmc + GHG_{mmc}\, mmc + GHG_{lmc}\, lmc}{D + gas + G + hmc(a_{hmc} + cs_{hmc} + ws_{hmc} + co_{hmc}) + mmc(a_{mmc} + cs_{mmc} + ws_{mmc} + co_{mmc}) + lmc(a_{lmc} + cs_{lmc} + ws_{lmc} + co_{lmc})} \quad \left(\frac{kg}{kg}\right) \qquad (۵)$$

$$I_{EC_Profit} = \frac{hmc(P_a\, a_{hmc} + P_{cs}\, cs_{hmc} + P_{ws}\, ws_{hmc} + P_{co}\, co_{hmc}) + mmc(P_a\, a_{mmc} + P_{cs}\, cs_{mmc} + P_{ws}\, ws_{mmc} + P_{co}\, co_{mmc}) + lmc(P_a\, a_{lmc} + P_{cs}\, cs_{lmc} + P_{ws}\, ws_{lmc} + P_{co}\, co_{lmc}) + P_{la}\, la + P_D\, D + P_{gas}\, gas + P_G\, G + P_{elec}\, elec}{Rev_{milk_hmc}\, hmc + Rev_{milk_mmc}\, mmc + Rev_{milk_lmc}\, lmc + Rev_{calf}\, calf + Rev_{dc}\, dc + Rev_{manure}} \quad \left(\frac{IRR}{IRR}\right) \qquad (۶)$$

$$I_{EC_Q_SCC} = \frac{The\ standard\ of\ SCC\ in\ milk\ \ (cell\ per\ milliliter)}{Total\ of\ SCC\ in\ milk\ across\ all\ farms\ \ (cell\ per\ milliliter)} \qquad (۷)$$

1- Currency

$$I_{EC_Q_MC} = \frac{The\ standard\ amount\ of\ MC\ in\ milk\ \ (\text{CFU/ml})}{Total\ amount\ of\ MC\ in\ milk\ across\ all\ farms\ \ (\text{CFU/ml})} \quad (۸)$$

$$I_{EC_Q_AF} = \frac{The\ standard\ amount\ of\ Aflatoxin\ in\ milk\ \ (\text{ppb})}{Total\ amount\ of\ Aflatoxin\ in\ milk\ across\ all\ farms\ \ (\text{ppb})} \quad (۹)$$

$$I_{EC_Q_AN} = \frac{The\ standard\ amount\ of\ Antibiotic\ in\ milk\ \ (\text{mg/kg})}{Total\ amount\ of\ Antibiotic\ in\ milk\ across\ all\ farms\ \ (\text{mg/kg})} \quad (۱۰)$$

$$I_{SC_exp} = \frac{P_{la}\ (\text{IRR/day})}{Total\ Cost\ across\ all\ farms\ \ (\text{IRR/day})} \quad (۱۱)$$

$$I_{Tech_effi} = \frac{effi_{farm} - min_{effi}}{max_{effi}} \qquad farm = 1, \dots, n \quad (۱۲)$$

$$I_{Policy_NPC} = \left[\frac{P_d - P_{ab}}{P_{ab}}\right] + 1 \quad (۱۳)$$

$$I_{EN} = w_{re}I_{re} + w_{int}I_{int} + w_{Land}I_{Land} + w_{WU}I_{WU} + w_{GHG}I_{GHG} \quad (۱۴)$$

$$I_{EC} = w_{prof}I_{prof} + w_{SCC}I_{SCC} + w_{MC}I_{MC} + w_{AF}I_{AF} + w_{AN}I_{AN} \quad (۱۵)$$

$$I_{SC} = w_{exp}I_{exp} \quad (۱۶)$$

$$I_{Tech} = w_{effi}I_{effi} \quad (۱۷)$$

$$I_{policy} = w_{NPC}I_{NPC} \quad (۱۸)$$

$$MAX\ I_{re_s}: \left(\frac{\sqrt{\begin{gathered}(w_{re}I_{re})^2 + (w_{int}I_{int})^2 + (w_{land}I_{land})^2 + (w_{wu}I_{wu})^2 + \\ (w_{GHG}I_{GHG})^2 + (w_{prof}I_{prof})^2 + (w_{SSC}I_{SSC})^2 + (w_{MC}I_{MC})^2 + \\ (w_{AF}I_{AF})^2 + (w_{AN}I_{AN})^2 + (w_{exp}I_{exp})^2 + (w_{effi}I_{effi})^2 + \\ (w_{NPC}I_{NPC})^2\end{gathered}}}{\sqrt{\begin{gathered}(w_{re} + w_{int} + w_{land} + w_{wu} + w_{GHG})^2 + \\ (w_{prof} + w_{SSC} + w_{MC} + w_{AF} + w_{AN})^2 + \\ (w_{exp})^2 + (w_{effi})^2 + (w_{NPC})^2\end{gathered}}} \right) - \lambda(norm\ (1 - \sum w_I)) - \omega(\sum w_I) \quad (۱۹)$$

$S.to$:

$$\begin{cases} lb \le a \le ub \\ lb \le cs \le ub \\ lb \le ws \le ub \\ lb < co < ub \end{cases} \quad (۲۰)$$

$$\begin{cases} la = \sum la_{cow} \\ D = \sum D_{cow} \\ gas = \sum gas_{cow} \\ G = \sum G_{cow} \\ elec = \sum elec_{cow} \end{cases} \quad (۲۱)$$

$$0 \le I_{er}, I_{int}, I_{land}, I_{WU}, I_{GHG}, I_{prof}, I_{SCC}, I_{MC}, I_{AF}, I_{AN}, I_{exp}, I_{effi}, I_{NPC} \le 1 \quad (۲۲)$$

$$lb \le hmc, mmc, lmc, calf, dc \le ub \quad (۲۳)$$

$$manure = 0.3\ (a + cs + ws + co) \quad (۲۴)$$

$$\sum w_I = 1 \quad (۲۵)$$

$$hmc, mmc, lmc, calf, dc = Integer \quad (۲۶)$$

$$all\ decision\ variable \ \geq 0 \quad (۲۷)$$

عواملی چون؛ غیرخطی بودن توابع هدف یا محدودیت‌ها، گسسته بودن فضای حل مسئله و اندازه مسئله بر پیچیدگی محاسباتی مدل‌های تصمیم‌گیری اثرگذار هستند که در این شرایط، روش‌های دقیق، قادر به پیدا کردن جواب بهینه در زمان قابل قبولی نیستند. هم‌چنین، یک مسئله غیرخطی به‌صورت محدب یا غیرمحدب می‌تواند باشد. در حالت محدب، حداقل بهینه محلی ممکن است حداقل جهانی باشد، اما در حالت غیرمحدب، هیچ اطمینانی وجود ندارد که حکم فوق نیز رخ دهد. از سال ۱۹۶۲، یکی از تکنیک‌های شناخته شده برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرمحدب، الگوریتم ژنتیک بوده است (۲). تابع هدف مدل پیشنهادی با ساختار برنامه‌ریزی درجه دوم- غیرخطی، به‌دلیل دارا بودن محدودیت عدد صحیح، غیرمحدب است (۴). الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم جستجوی قدرتمند است که برای مسئله‌ی بهینه‌سازی و به‌منظور حداکثرسازی یا حداقل‌سازی تابع هدف مورد استفاده قرارمی‌گیرد. این الگوریتم، با یک مجموعه اولیه از راه حل‌های تصادفی به نام جمعیت آغاز می‌شود. سپس با استفاده از فرآیند انتخاب طبیعی، جمعیت اولیه را بهبود می‌بخشد (۳۹). در این فرآیند، فرد (کروموزوم) بهتر، به‌وسیله تابع ارزیاب، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و نسل جدید ایجاد می‌شود. چرخ رولت، انتخاب مسابقه‌ای و رتبه‌ای از جمله روش‌های انتخاب والدین هستند. در این مطالعه، از چرخ رولت استفاده گردید زیرا بر انتخاب افراد بهتر در جمعیت اولیه تأکید دارد و فشار زیادی بر روند جستجو اعمال می‌نماید (۳۴). سپس الگوریتم ژنتیک وارد مرحله تقاطع یا ترکیب مجدد[1] خواهد شد. این مرحله امکان ترکیب جواب‌هایِ جزئی[2] یافت شده و در نتیجه بدست آوردن جواب‌هایی با کیفیت بالاتر را فراهم می‌آورد. در جریان عمل بازترکیبی به‌صورت اتفاقی، بخش‌هایی از کروموزوم‌ها با یکدیگر تعویض می‌شوند و این موضوع باعث می‌شود که فرزندان، ترکیبی از خصوصیات والدین خود را به‌همراه داشته باشند و دقیقا" مشابه یکی از والدین نباشند. تمام انواع عمل بازترکیبی از جمله بازترکیبی تک‌نقطه‌ای، دونقطه‌ای، چند نقطه‌ای و بازترکیبی کلی، در این پژوهش، در نظر گرفته شد و با توجه به ماهیت متغیرها، این مرحله به‌گونه‌ای کدنویسی گردید تا هر متغیر با هم نوع خود بازترکیب شود. در نهایت الگوریتم ژنتیک وارد مرحله‌ی جهش[3] می‌شود که ویژگی تصادفی بودن و امکان فرار از نقطه بهینه محلی را فراهم می‌آورد. در عمل جهش، تعدادی از کروموزوم‌های فرزند به‌صورت تصادفی، انتخاب و به‌صورت تصادفی، مقادیر یک یا چند ژن آن تغییر داده می‌شود. به‌عبارتی، به‌ازای هر کروموزوم یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید، و اگر مقدار آن از مقدار احتمال اولیه کمتر باشد، عملیات جهش ادامه می‌یابد و در غیراین‌صورت جهش دادن کروموزوم متوقف می‌گردد. معمولا فرآیند جهش با یک احتمال بسیار کم،" ۰٫۰۰۱ "، اتفاق می افتد (۷). از آنجائی‌که، الگوریتم ژنتیک بر پایه تولید و تست است، مشخص نمی‌باشد که کدام‌یک از جواب‌های تولید شده، جواب بهینه‌ی مسأله و شرط خاتمه است. به همین علت، معیارهای دیگری، مبنای شرط خاتمه در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از؛ الف) تعداد مشخصی نسل، ب) عدم بهبود در بهترین شایستگی جمعیت در طول چند نسل متوالی، ج) واریانس شایستگی جمعیت از یک مقدار مشخص پائین‌تر باشد و یا طی چند نسل متوالی مشخص، تغییر نکند، و د) بهترین شایستگی جمعیت از یک حد خاصی کمتر شود. ترکیبی از موارد فوق در این مطالعه، شرط خاتمه درنظرگرفته شد.

تعیین تاب‌آور و پایدار بودنِ واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری، تصمیمی حیاتی جهت ادامه‌ی فعالیت این واحدها می‌باشد. دامدار/کشاورز نیاز به ارائه محصول با توجه به تقاضای مصرف‌کننده و به حداکثر رساندن سود خود دارد. علاوه‌براین، توجه به مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی، تکنولوژیکی و سیاستی و اثر آن‌ها بر محصول تولید شده، امری ضروری است. بعضی از تصمیمات عملیاتی ممکن است بر تاب‌آوری و پایداری تأثیر بگذارد، به‌عنوان مثال؛ میزان انرژی مورد نیاز برای تولید هر لیتر شیر در گاوداری‌های شیری، و یا نحوه‌ی تنظیم تغذیه‌ی استاندارد برای یک گاو شیرده با اطمینان از این‌که نیازهای ضروری تغذیه‌ای دام برآورده خواهد شد. با توجه به قوانین زیست محیطی درحال ظهور و امنیت غذایی، تمام جنبه‌های تاب‌آوری و پایداری در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری باید در نظر گرفته شود. در این تحقیق، از اطلاعات ۳۰ واحد گاوداری صنعتی شیری شهرستان مشهد و حومه، براساس نمونه‌گیری غیرتصادفی و تکمیل پرسشنامه در سال ۱۳۹۵ استفاده گردید. نمونه‌گیری غیرتصادفی، نوعی نمونه‌گیری است که در آن افراد نمونه، از میان افرادی انتخاب می‌شوند که دارای خصوصیات تعریف شده‌ای می‌باشند. به‌عبارتی، ابتدا و با استفاده از داده‌های گردآوری شده، وضعیت موجود نمونه‌های مورد مطالعه، به لحاظ تاب‌آور و پایدار بودن، ارزیابی، و سپس، مدل پیشنهاد شده، برای یک واحد گاوداری شیری نمونه طراحی و ارائه گردید.

1- Crossover/Recombination
2- Partial Solutions
3- Mutation

نتایج و بحث

ابتدا، تاب‌آوری و پایداری واحدهای مورد مطالعه، براساس اطلاعات و داده‌های گردآوری شده از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه‌ی حضوری، تعیین گردید. پیش‌تر، اشاره شد که به هر زیرشاخص، با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و نظر خبرگان با تکمیل پرسشنامه، وزنی تخصیص داده شده است. نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تعیین تاب‌آوری و پایداری گاوداری‌های مورد مطالعه، به‌ترتیب در جداول ۶ و ۷ آورده شده است.

جدول ٦- وزن تخصیص داده شده به ابعاد تاب‌آوری و پایداری در تابع هدف برای واحدهای مورد مطالعه

Table 6- Weights for the resilience and sustainability indicators in the objective function of dairy farms under study

وزن Weight	شاخص Indicator	وزن Weight	شاخص Indicator	وزن Weight	شاخص Indicator
0.095	انرژی تجدیدپذیر Renewable energy	0.051	میزان بارمیکروبی موجود در شیر Microbial load	0.153	انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای GHG emissions
0.075	شدت انرژی Intensity energy	0.076	میزان آفلاتوکسین موجود در شیر Aflatoxin	0.105	سودآوری Profitability
0.013	استفاده از زمین Land use	0.032٠	میزان آنتی بیوتیک موجود در شیر Antibiotic	0.049	کارایی واحد دامی Farm efficiency
0.181	حداقل آب مورد نیاز Water use	0.039	میزان سوماتیک سل موجود در شیر Somatic cell	0.089	حمایت از تولیدکننده Nominal protect coefficient
0.04	مخارج نیروی‌کار Labor expenditure		0.07		نرخ ناپایداری Consistency ratio

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۷- نتایج بررسی وضعیت موجود گاوداری‌های مورد مطالعه به‌لحاظ تاب‌آوری و پایداری

Table 7- The results of indicators, resilience and sustainability indicator across all farms under study

شاخص‌ها Indicators	I_{effi}	I_{exp}	I_{AN}	I_{AF}	I_{MC}	I_{SCC}	I_{Profit}	I_{GHG_D}	I_{WU}	I_{Land}	I_{int}	I_{re}	I_{NPC}
مقادیر بدست آمده Results	0.31	0.1	0.97	0.17	0.49	0.42	0.47۴	0.58	0.39	0.25	0.94	0.45	0.26
شاخص تاب‌آوری و پایداری Resilience and sustainability indicator										0.43			

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

سطح تاب‌آوری و پایداریِ کلی نمونه‌های مورد مطالعه پایین و ۰/۴۳ بدست آمد. یکی از دلایل اصلی ناپایداری و عدم تاب‌آوری واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری تحت مطالعه، استفاده نامناسب از منابع و نهاده‌ها است. به‌نحوی‌که، نتایج مصرف انرژی در نمونه‌های مورد مطالعه، نشان داد که انرژی در فرآیند تولید ذخیره نمی‌شود. مطابق جدول ۸، میانگین مصرف انرژی در گاوداری‌های شیری مورد نظر ۱۰^۸× ۷,۵ مگاژول برآورد گردید. انرژی معادل خوراک دام ۱۰^۸× ۴,۹ مگاژول و نسبت ۶۶ درصد بیشترین سهم و انرژی معادل نیروی انسانی با ۶۱۴۶,۵۶ مگاژول و نسبت کمتر از ۱ درصد، کمترین سهم را در مصرف انرژی در نمونه‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، مدل پیشنهاد شده (شاخص تاب‌آوری و پایداری اتوماتیک) طراحی و بهینه‌سازی گردید. در این مدل، علاوه‌بر حداکثرسازی پایداری و تاب‌آوری واحدهای صنعتی گاو شیری، مصرف ورودی‌ها استانداردسازی شدند. نتایج حاصل از مدل ارائه شده با استفاده از نرم‌افزار متلب (۲۰۱۷) در جدول ۹ آورده شده است.

شاخص تاب‌آوری و پایداری بهینه شده در مدل پیشنهادی برای یک واحد گاوداری صنعتی شیری، ۰/۹۵۹۸ (۹۵/۹۸ درصد) به‌دست آمد. مدل ارائه شده کاملا اتوماتیک بوده و برای یک واحد گاوداری نمونه طراحی شده است و دربرگیرنده‌ی میزان مصرف انرژی (سوخت و برق)، ساعت نیروی‌کارانسانی، مقدار کود تولیدی، حداکثر تعداد دام و جیره‌ی غذایی استاندارد و متناسب با احتیاجات دام در سه گروه گاوپرشیر، گاو متوسط شیر و گاو کم‌شیر می‌باشد. جیره‌ی غذایی حاصل از مدل پیشنهادی، علاوه‌براین‌که، نیازهای تغذیه‌ای هر گروه از گاوهای شیرده را برآورده می‌کند، اثرات زیست‌محیطی کمتری نیز در پی دارد و یکی از دلایل اصلی بهبود تولید گازهای گلخانه‌ای از ۰/۵۸ به ۰/۶۷ و انرژی تجدیدپذیر از ۰/۴۵ به ۰/۶ است. لازم به‌ذکر است که برخی از شاخص‌ها هم‌چون شدت انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و غیره، اثر منفی بر تاب‌آوری و پایداری واحد تولیدی دارند و باید حداقل‌سازی شوند.

جدول ۸- میزان مصرف انرژی در گاوداری‌های مورد بررسی

Table 8- The results of energy consumption all farms under study

نهاده‌ها Inputs	انرژی مصرفی (مگاژول) Consumption energy	درصد Percent
سوخت Fuel	1.9×10^{08}	25.37
برق Electricity	6.6×10^{07}	8.8
خوراک دام Feed	4.9×10^{08}	65.69
ماشین‌آلات Machinery	1×10^{06}	0.14
نیروی‌انسانی Labor	6146.56	0.0008
جمع **Sum**	7.5×10^{08}	100

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۹- خلاصه نتایج مدل پیشنهادی

Table 9- Summary of the results

متغیر Variable	مقدار Value	واحد Unit	متغیر Variable	مقدار Value	واحد Unit	وزن Weight	ارزش بهبودیافته Optimal value	شاخص Indicator	ارزش بهبودیافته Optimal value
a_{hmc}	6.2	کیلوگرم/روز Kg/day	la	3387.2	نفرساعت Hours	w_{re}	0.006	I_{re}	0.6
cs_{hmc}	7.1	کیلوگرم/روز Kg/day	D	6162.7	لیتر Liter	w_{int}	0.12	I_{int}	0.96
ws_{hmc}	0.9	کیلوگرم/روز Kg/day	gas	5185.1	متر مکعب M^3	w_{land}	0.04	I_{Land}	0.81
co_{hmc}	16.9	کیلوگرم/روز Kg/day	G	259.3	لیتر Liter	w_{WU}	0.05	I_{WU}	0.69
a_{mmc}	4.9	کیلوگرم/روز Kg/day	$elec$	16348	کیلووات‌ساعت kWh	w_{GHG}	0.06	I_{GHG}	0.67
cs_{mmc}	7.9	کیلوگرم/روز Kg/day	hmc	3000	راس Head	w_{prof}	0.08	I_{Prof}	0.7
ws_{mmc}	1.4	کیلوگرم/روز Kg/day	mmc	2000	راس Head	w_{SCC}	0.14	I_{SCC}	0.9
co_{mmc}	14.9	کیلوگرم/روز Kg/day	lmc	2550	راس Head	w_{MC}	0.04	I_{MC}	0.9
a_{lmc}	4.9	کیلوگرم/روز Kg/day	$calf$	151	راس Head	w_{AF}	0.11	I_{AF}	0.9
cs_{lmc}	7.9	کیلوگرم/روز Kg/day	dc	1887	راس Head	w_{AN}	0.15	I_{AN}	0.9
ws_{lmc}	1.9	کیلوگرم/روز Kg/day	$manure$	26.2	مترمکعب M^3	w_{exp}	0.10	I_{exp}	0.9
co_{lmc}	11.4	کیلوگرم/روز Kg/day				w_{effi}	0.04	I_{effi}	0.9
						w_{NPC}	0.05	I_{NPC}	0.9
شاخص تاب‌آوری و پایداری بهینه شده در مدل پیشنهادی Optimized Resilience and Sustainability Indicator in proposed model									0.9598

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

در این پژوهش، به‌دلیل سهولت در محاسبات و امکان حداکثر نمودن تابع هدف، فرمول‌بندی این دسته از شاخص‌ها، از یک کسر گردیده است تا این تضمین حاصل شود که یک واحد افزایش آن‌ها در راستای تاب‌آوری و پایداری سیستم تولیدی است. هم‌چنین، نتیجه‌ی بهینه‌سازی برای شاخص سودآوری، نشان می‌دهد که وضعیت اقتصادی گاوداری شیری از ۰/۴۷ به ۰/۷ افزایش یافته است و بدان معنا است که با در نظر گرفتن استانداردهای تغذیه‌ای، مصرف آب و انرژی و سایر هزینه‌های گاوداری، کاهش و به تبع آن، سودآوری افزایش می‌یابد. افزایش فاکتورهای کیفیت تولید شیر تا مرز یک، ضرورت توجه بیشتر به این امر را تأکید می‌کند و به‌عبارتی، دولتمردان باید سیاست‌های تشویقی جهت بهبود کیفیت تولید شیر را گسترش و اعمال نمایند. براین اساس، این‌طور می‌توان استنباط کرد که مدل پیشنهادی در ایجاد تاب‌آوری و پایداری واحدهای صنعتی گاو شیری موفق عمل نموده است. مضافا" این‌که در تنظیم دیگر پارامترهای عملیاتی، چون، تعیین مقدار تولید کود، ساعت نیروی کار و هزینه‌های نیروی‌کار نیز اثرگذار می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از مدل پیشنهادی، می‌تواند به‌عنوان راهنما جهت بهبود تاب‌آوری و پایداریِ عملیات تولید در گاوداری‌های صنعتی شیری، مورد استفاده قرار گیرد. ارزش هر شاخص در جدول ۹، حداکثرترین ارزش (نزدیک به یک) را نشان می‌دهد و بیانگر بهبود عملکرد است. بنابراین، ارزش هر شاخص می‌تواند معیاری برای اولویت‌بندی اهداف دامداران/تصمیم‌گیران به‌منظور توسعه‌ی تاب‌آوری و پایداری واحد تولیدی خود باشد.

در این مطالعه، باتوجه به این‌که وزن تخصیص داده شده به هر شاخص در ساختار تابع هدف، قابلیت تغییر و به‌روزرسانی را دارد، لذا امکان بهبود تاب‌آوری و پایداری بسیاری از آن‌ها وجود خواهد داشت. به‌عبارتی، به‌روزرسانی (تغییر) ارزش وزن‌های در نظر گرفته شده، که تاکنون در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار نگرفته بود، امکان مدل‌سازی و اجرایی شدن تسهیلات را در سطوح مختلف تاب‌آوری و پایداری فراهم می‌آورد. هم‌چنین، مدل پیشنهادی، میزان تاب‌آوری و پایداری واحدهای صنعتی گاو شیری را با لحاظ تمام ابعاد پایداری و تاب‌آوری، تعیین می‌نماید که این جنبه‌ها هم، توأما"، در نظر گرفته نشده بودند. مدل ارائه شده، یک ابزار کارآمد در تنظیم پارامترهای تولید شیر برای یک واحد گاوداری شیری پایدار است. علاوه‌براین، تجزیه و تحلیل نتایج، دامداران/ تصمیم‌گیرندگان را هدایت نموده تا جنبه‌های بهبود تاب‌آوری و پایداری را بیابند. به‌عنوان مثال می‌توان به مطالعه آل‌شارا و همکاران (۱) اشاره کرد. به‌منظور بهبود مدل‌کنونی، علاوه‌بر استفاده از الگوریتم ژنتیک، پیشنهاد می‌شود که از الگوریتم‌های فراابتکاری دیگری چون ازدحام ذرات هم در فرآیند بهینه‌سازی، استفاده و معرفی گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این مطالعه، یک مدل تاب‌آور و پایدار، طی فرآیند تولید، در واحدهای گاوداری صنعتی شیری را معرفی و ارائه نموده که بیانگر ابعاد پایداری و تاب‌آوری در سطح تولید است. مزیت اصلی اندازه‌گیری شاخص تاب‌آوری و پایداری ارائه شده، داده‌های مورد نیاز برای ارزیابی شاخص پیشنهادی است که متکی بر آمار و اطلاعات واقعی و دقیق بوده که مربوط به درآمد و هزینه‌ی یک واحد گاوداری شیری، جیره‌ی غذایی دام، میزان تولید شیر، فاکتورهای کیفیت تولید شیر و امثالهم است و سبب می‌گردد تا کاربرد مدل پیشنهاد شده به لحاظ مفهوم تاب‌آوری و پایداری، مناسب باشد. بدین‌ترتیب، به ارتقای اجرای شیوه‌های پایدار در تولید کمک می‌نماید، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، که در آن‌ها هنوز کمبود آگاهی از تاب‌آوری و پایداری و قوانین مرتبط با آن وجود دارد. تخصیص وزن به هر زیرشاخص در تابع هدف، بسیار کاربردی است و سبب می‌شود تا مدل برای تعیین تاب‌آور و پایدار بودن یک واحد گاوداری صنعتی شیری در کشورهای درحال توسعه، مناسب باشد. تغییر وزن به مراحل مختلف اجرای تاب‌آوری و پایداری در تولید باز می‌گردد. مدل ارائه شده در زمینه‌ی تغذیه‌ی استاندارد و مطلوب گاوهای شیری، افزایش سودآوری، کاهش هزینه خوراک، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مدیریت مصرف آب و انرژی، و غیره و به‌منظور به حداکثر رساندن تاب‌آوری و پایداری تولید در واحدهای صنعتی پرورش گاو شیری، مناسب و کاربردی است. علاوه‌براین، نتایج، امکان شناسایی اقدامات آینده‌نگر جهت بهبود تاب‌آوری و پایداری را فراهم می‌آورد. براساس تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده، استراتژی‌های مناسب برای توسعه‌ی تاب‌آوری و پایداری می تواند تعریف شود. دراین‌راستا، می‌توان به قیمت خرید شیر (خرید تضمینی) اشاره داشت که بزرگ‌ترین مشکل و تهدیدی آشکار بر عدم تداوم و پایداری واحدهای گاوداری شیری است. مضافا" این‌که، تحقیق حاضر می‌تواند از طریق تلفیق مدل پیشنهادی با نتایج ارزیابی چرخه عمر، سایر سیاست‌های حمایت از تولیدکنندگان، گسترش ظرفیت گاوداری‌های شیری و هم‌چنین، با اعمال تغییرات جزئی در متغیرهای تصمیم‌گیری و پارامترهای مدل، برای سایر اشکال سیستم‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی، مدل پیشنهادی مطالعه‌ی حاضر، با الهام از مفهوم ایستایی تاب‌آوری، طراحی گردید و هدف، توانایی یک واحد گاوداری صنعتی شیری، در حفظ تداوم تولیدش در هنگام بروز شوک بود که با مفهوم بنیادی اقتصاد، یعنی تخصیص کارای منابع در هنگام وقوع بحران، هم‌تراز است. در واقع، حالت ایستایی دلالت بر این دارد که، یک واحد تولیدی می‌تواند بدون تعمیر و بازسازی، هم سطح جاری فعالیت، و

هم مسیر زمانی آینده را تحت تأثیر قرار دهد، اما سرعتی را که یک نظام (واحد) تولیدی از یک شوک شدید بهبود می‌یابد تا حالت مطلوبش را به‌دست بیاورد را، نشان نمی‌دهد. این حالت را تاب‌آوری پویا می‌نامند و دلالت بر این دارد که یک واحد تولیدی، توانایی بازگشت به عقب را دارد و مسأله سرمایه‌گذاری بلندمدت، همراه با تعمیر و بازسازی را شامل می‌شود. لذا، استفاده از مفهوم تاب‌آوری پویا، جهت گسترش مدل ارائه شده در مطالعات آتی، پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1- Al-Sharrah G., Elkamel A., and Almanssoor A. 2010. Sustainability indicators for decision-making and optimisation in the process industry: The case of the petrochemical industry. Chemical Engineering Science, 65(4): 1452-1461.

2- Aryanezhad M.B., and Hemati M. 2008. A new genetic algorithm for solving nonconvex nonlinear programming problems. Applied Mathematics and Computation, 199(1): 186-194.

3- Astigarraga L., and Ingrand S. 2011. Production flexibility in extensive beef farming systems. Ecology and Society, 16(1).

4- Beck A. 2014. Introduction to Nonlinear Optimization: Theory, Algorithms, and Applications with MATLAB (Vol. 19): Siam.

5- Beliakov G., Sola H.B., and Sánchez T.C. 2016. A practical guide to averaging functions (Vol. 329): Springer.

6- Béné C. 2013. Towards a quantifiable measure of resilience. IDS Working Papers, 434: 1-27.

7- Carr J. 2014. An introduction to genetic algorithms. Senior Project, 1: 40.

8- Commission, United Nations Brundtland. 1987. World Commission on Environment and Development (WCED): Our Common Future: Oxford: Oxford University Press.

9- Darnhofer I. 2014. Resilience and why it matters for farm management. European Review of Agricultural Economics, 41(3): 461-484.

10- De Freitas Pinto R.L.U., and Ferreira R.P.M. 2014. An exact penalty function based on the projection matrix. Applied Mathematics and Computation, 245: 66-73.

11- Erjavec E., Volk T., Rac I., Kožar M., Pintar M., and Rednak M. 2017. Agricultural support in selected Eastern European and Eurasian countries. Post-Communist Economies, 29(2): 216-231.

12- Fiksel J. 2006. Sustainability and resilience: toward a systems approach. Sustainability: Science, Practice, and Policy, 2(2).

13- Frorip J., Kokin E., Praks J., Poikalainen V., Ruus A., Veermäe I., and Ahokas J. 2012. Energy consumption in animal production-case farm study. Agronomy research Biosystem engineering. Special, 1: 39-48.

14- Galal Noha M., and Moneim Ahmed F Abdul. 2015. A mathematical programming approach to the optimal sustainable product mix for the process industry. Sustainability, 7(10): 13085-13103.

15- Gezer I., Acaroğlu M., and Haciseferoğullari H. 2003. Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. Biomass and Bioenergy, 24(3): 215-219.

16- Glover J. 2012. Rural resilience through continued learning and innovation. Local Economy, 27(4): 355-372.

17- Hammond B., Berardi G., and Green R. 2013. Resilience in Agriculture: Small- and Medium-Sized Farms in Northwest Washington State. Agroecology and Sustainable Food Systems, 37(3): 316-339.

18- Kitani O., and Jungbluth T. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering. Energy and Biomass Engineering, 5, 330.

19- Krebs J. 2002. McCance and Widdowson’s the composition of foods: summary edition, 6th summary ed: The Royal Society of Chemistry/Food Standards Agency, Cambridge/London.

20- Kuhlman T., and Farrington J. 2010. What is sustainability? Sustainability, 2(11): 3436-3448.

21- Meul M., Nevens F., Reheul D., and Hofman G. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems and Environment, 119(1): 135-144.

22- Mobtaker H., Keyhani A., Mohammadi A., Rafiee Sh., and Akram A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 137(3): 367-372.

23- Mollenhorst H., Klootwijk C., van Middelaar C., van Zanten H., and de Boer I. 2014. A novel approach to assess efficiency of land use by livestock to produce human food. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Life Cycle Assessment of Foods Conference (LCA Food 2014).

24- Morgan N.A., and Piercy Nigel F. 1998. Interactions between marketing and quality at the SBU level: influences and outcomes. Journal of the Academy of Marketing Science, 26(3): 190-208.

25- Naylor Rosamond L. 2009. Managing food production systems for resilience Principles of Ecosystem Stewardship (pp. 259-280): Springer.

26- Ozkan B., Akcaoz H., and Fert C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29(1): 39-51.

27- Park C.H., and Irwin Scott H. 2004. The profitability of technical analysis: A review.

28- Prendergast AC. 2008. IPCC–intergovernmental panel on climate change. Choice Curr. Rev. Acad. Libr, 45: 1570-1571.
29- Qobadi M., Mohammadzamani D., and Shahrami A. 2015. Evaluation of energy indi ces in Qazvin dairy farms using data envelopment analysis. Biomedical Engineering Journal, 4(4): 16.
30- Rafiee S., Khoshnevisan B., Mohammadi I., Aghbashlo M., and Clark S. 2016. Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a life cycle assessment approach: An Iranian case study. Science of the Total Environment, 562: 614-627.
31- Saaty Thomas L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1): 83-98.
32- Samuel Vijayalakshmi B., Agamuthu P., and Hashim MA. 2013. Indicators for assessment of sustainable production: A case study of the petrochemical industry in Malaysia. Ecological Indicators, 24: 392-402.
33- Schlink AC., Nguyen ML., and Viljoen GJ. 2010. Water requirements for livestock production: a global perspective. Soil and Water Management & Crop Nutrition Subprogramme, 6.
34- Tang K., Yang J., Chen H., and Gao S. 2011. Improved genetic algorithm for nonlinear programming problems. Journal of Systems Engineering and Electronics, 22(3): 540-546.
35- van Apeldoorn D., Kok K., Sonneveld M., and Veldkamp T. 2011. Panarchy rules: rethinking resilience of agroecosystems, evidence from Dutch dairy-farming. Ecology and Society, 16(1).
36- Von Mises, Ludwig. 2008. *Profit and loss*: Ludwig von Mises Institute.
37- Wells C.M. 2001. Total Energy Indicators of Agricultural Sustainability: Dairy Farming Case. Study Final Report. Report to MAF Policy. Department of Physics, University of Otago.
38- www.fao.org.
39- Yokota T., Gen M., and Li Y.X. 1996. Genetic algorithm for non-linear mixed integer programming problems and its applications. Computers and Industrial Engineering, 30(4): 905-917.